

Original document

SOLAR CELL AND ITS MANUFACTURING METHOD

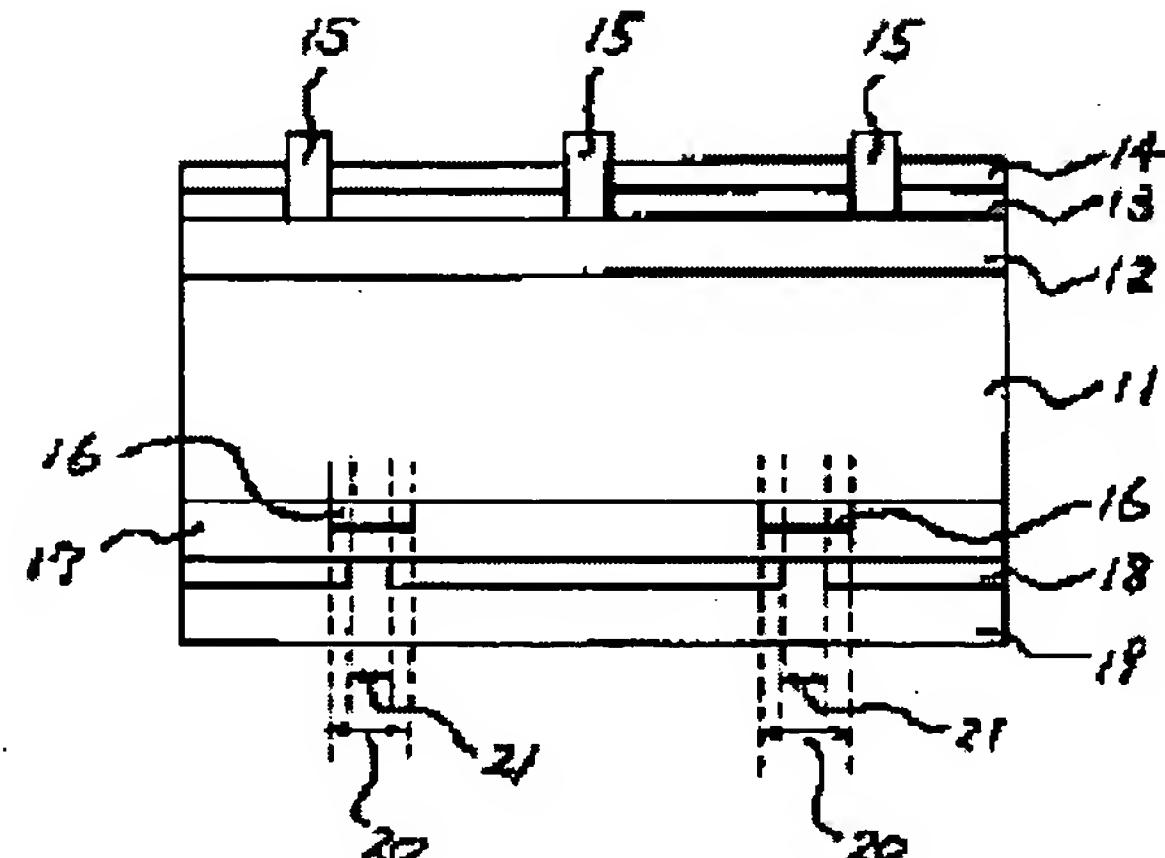
Patent number: JP9097916
 Publication date: 1997-04-08
 Inventor: NISHIDA MAKOTO; KANEIWA MINORU; OKAMOTO SATOSHI; YAMAZAKI ICHIRO; KOMATSU YUJI; MINAMIMORI TAKAYUKI
 Applicant: SHARP KK
 Classification:
 - international: H01L31/04; H01L31/04; (IPC1-7): H01L31/04
 - european:
 Application number: JP19950307253 19951127
 Priority number(s): JP19950307253 19951127; JP19950188997 19950725

[View INPADOC patent family](#)

[Report a data error here](#)

Abstract of JP9097916

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a solar cell of high conversion efficiency in the solar cell in which a reverse face electric field layer comprising a fine crystal silicon layer is formed on a reverse face of a silicon semiconductor substrate. **SOLUTION:** On a reverse face of a P type silicon semiconductor substrate 11, a silicon oxide film 16 is partially formed in an area 20 in a position corresponding to a connection area 21 connecting with a reverse face electrode 19, and further a P<+> type fine crystal silicon layer 17, an insulation film layer 18 and a reverse face electrode 19 are successively formed. A solar cell is heated at 300 deg.C or more and reverse face electric field effects of the P<+> type fine crystal silicon layer are increased, whereby it is possible to obtain the solar cell of high conversion efficiency.



Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-97916

(43)公開日 平成9年(1997)4月8日

(51)Int.Cl.⁶
H 01 L 31/04

識別記号 序内整理番号

F I
H 01 L 31/04

技術表示箇所
A

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平7-307253

(22)出願日 平成7年(1995)11月27日

(31)優先権主張番号 特願平7-188997

(32)優先日 平7(1995)7月25日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72)発明者 西田 賢

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ヤープ株式会社内

(72)発明者 兼岩 実

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ヤープ株式会社内

(72)発明者 岡本 諭

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ヤープ株式会社内

(74)代理人 弁理士 梅田 勝

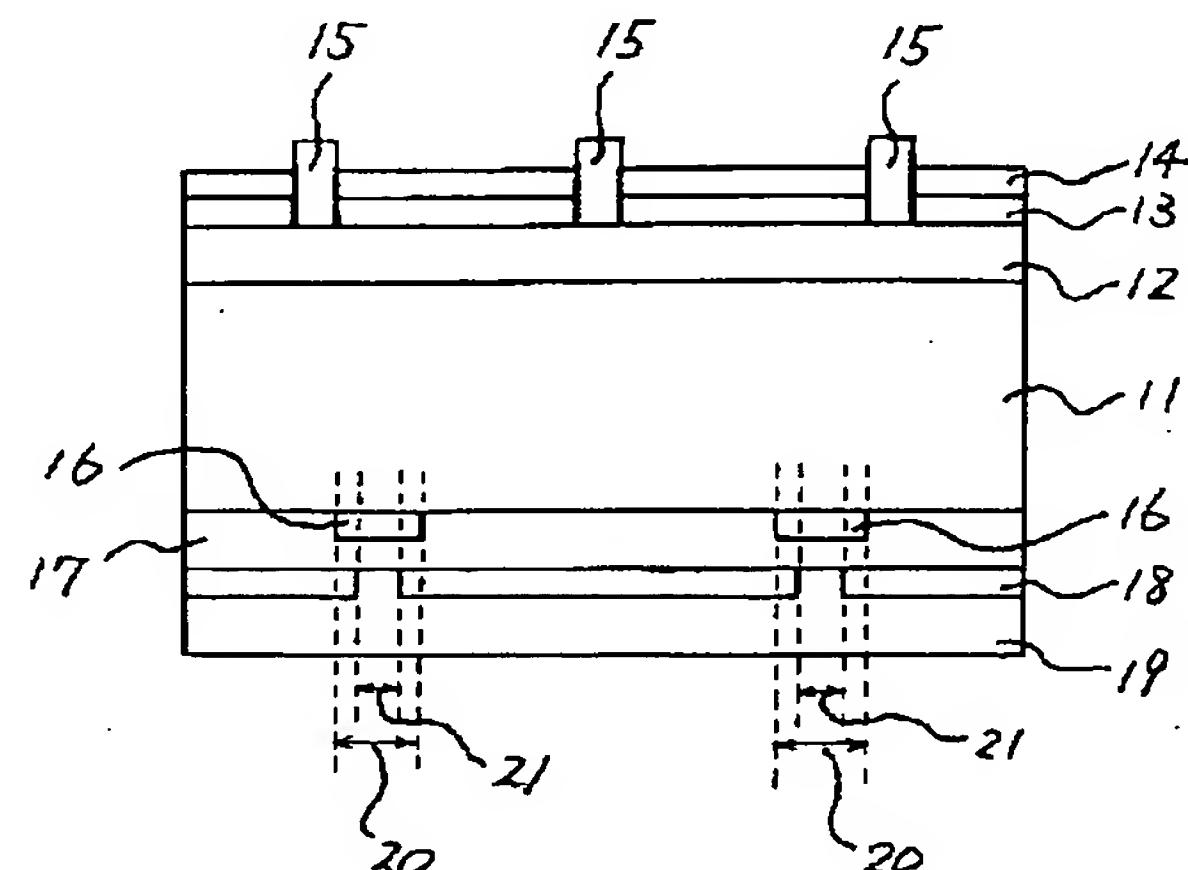
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 太陽電池及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】 シリコン半導体基板の裏面に微結晶シリコン層からなる裏面電界層を形成した太陽電池に関し、変換効率の高い太陽電池を提供する。

【解決手段】 P型シリコン半導体基板11の裏面上に、裏面電極19と接続される接続領域21に対応する位置にシリコン酸化膜16が領域20に部分的に形成され、さらに、P⁺型微結晶シリコン層17、絶縁膜層18、裏面電極19が順次形成されている。太陽電池に300°C以上の熱処理を施して、P⁺型微結晶シリコン層の裏面電界効果を高めることによって、変換効率の高い太陽電池を得ることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光入射側の第1導電型のシリコン半導体基板上に第2導電型のシリコン半導体層が設けられ、光入射側と反対側の上記シリコン半導体基板上に第1絶縁層が所定領域のみに設けられ、上記シリコン半導体基板より高濃度の第1導電型の微結晶シリコン半導体層が上記所定領域を覆うように設けられ、上記所定領域に対応する開口部を有する第2絶縁層が上記微結晶シリコン半導体層上に設けられ、裏面電極が上記開口部を覆うように設けられ上記微結晶シリコン半導体層と導通することを特徴とする太陽電池。

【請求項2】 第1導電型であって上記微結晶シリコン半導体層より低抵抗の層が、上記開口部に対応して上記微結晶シリコン半導体層に設けられると共に上記裏面電極に接続されていることを特徴とする請求項1に記載の太陽電池。

【請求項3】 第1絶縁層が、酸化シリコン膜、窒化シリコン膜のいづれかであることを特徴とする請求項1、2に記載の太陽電池。

【請求項4】 第1導電型のシリコン半導体基板の一方面上に第2導電型のシリコン半導体層を形成する工程と、

上記シリコン半導体基板の他方面上の所定領域のみに第1絶縁層を形成する工程と、

上記所定領域を覆うように上記シリコン半導体基板より高濃度の第1導電型微結晶シリコン半導体層を形成する工程と、

上記微結晶シリコン半導体層上に第2絶縁層を形成する工程と、

上記所定領域に対応して第2絶縁層に開口部を形成する工程と、

上記開口部を覆うように裏面電極を形成して上記第1導電型微結晶シリコン半導体層と接続する工程と、

裏面電極形成後に300～400°Cの熱処理を行う工程と、を含むことを特徴とする太陽電池の製造方法。

【請求項5】 第1導電型のシリコン半導体基板の一方面上に第2導電型のシリコン半導体層を形成する工程と、

上記シリコン半導体基板の他方面上の所定領域のみに第1絶縁層を形成する工程と、

上記所定領域を覆うように上記シリコン半導体基板より高濃度の第1導電型微結晶シリコン半導体層を形成する工程と、

上記微結晶シリコン半導体層上に第2絶縁層を形成する工程と、

上記所定領域に対応して第2絶縁層に開口部を形成する工程と、

第1導電型であって上記微結晶シリコン半導体層より低

抵抗の層を上記微結晶シリコン半導体層に上記開口部に対応させて形成する工程と、
上記開口部を覆うように裏面電極を形成して上記低抵抗の層と接続する工程と、
裏面電極形成後に300～400°Cの熱処理を行う工程と、を含むことを特徴とする太陽電池の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、太陽電池に関し、特に光電変換効率を改善する太陽電池及びその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来の太陽電池について、図4に示した断面構造に基づき説明する。凹凸加工されたP型シリコン半導体基板41の光入射面側には磷(P)を不純物とするN型シリコン半導体層42が形成されている。N型シリコン半導体層42の上にはシリコン酸化膜層43が、シリコン酸化膜層43の上には窒化シリコン膜からなる反射防止膜層44が形成されている。さらに、シリコン酸化膜層43と反射防止膜層44を貫通してN型シリコン半導体層42に接続されたチタン(Ti)/パラジウム(Pd)/銀(Ag)の金属からなるグリッド電極45が形成されている。P型シリコン半導体基板41の光入射面側と反対側の裏面上にP型シリコン半導体基板41と同じ導電型で、かつ、より高濃度にボロン(B)を有する水素化微結晶シリコン層(以後、この膜を「P+型微結晶シリコン層」という)からなる裏面電界層47が設けられている。裏面電界層47上には窒化シリコン膜からなる絶縁膜層48が、絶縁膜層48の上にはA1やAgなどの金属からなる裏面電極49が形成されている。裏面電極49は絶縁膜層48が形成されない開口部50で裏面電界層47と接続されている。

【0003】P+型微結晶シリコン層はP型シリコン半導体基板41よりも高濃度にBを含み、広い禁制帯幅をもつことから、裏面電界層47とP型シリコン半導体基板41との接合面において内部電界を形成し、裏面近傍で発生した少数キャリア(電子)をP型シリコン半導体基板41の内部へ押し戻し、基板裏面でのキャリアの再結合損失を抑制して光電変換効率を高める働きをしている(以後、この働きを「裏面電界効果」という)。さらに、絶縁膜層48はP型シリコン半導体基板41を抜けて裏面電極49に達する光が再びP型シリコン半導体基板41に向かう裏面反射を大きくして、光電変換効率を高める働きをしている。

【0004】このP+型微結晶シリコン層を裏面電界層47とした太陽電池の製造方法においては、P+型微結晶シリコン層上に裏面電極を蒸着形成した後、熱処理を行っていたが、特開平6-310740号公報で開示されたように、良好な光電変換効率が得られる最適温度範囲は200～300°Cであった。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】P型シリコン半導体基板上に形成した高濃度ドーパントを含むP⁺型微結晶シリコン層は、熱処理温度の上昇に伴い比抵抗値が小さくなっている、裏面電界層としての品質が向上する。

【0006】ところが、特開平6-310740号公報で開示されたように、従来の太陽電池においては、300°C以上で熱処理を行うと光電変換効率が低下してしまい、熱処理によるP⁺型微結晶シリコン層の品質向上が十分に活用されていなかった。

【0007】この光電変換効率の低下の原因は、熱処理によって、裏面電極と接する領域のP⁺型微結晶シリコン層がP型シリコン半導体基板の裏面にキャリアの再結合損失が大きい領域を形成して、裏面電界効果を低下させることにあることが判明した。以下にその詳細を述べる。つまり、絶縁膜層によってP⁺型微結晶シリコン層が裏面電極から離されたP型シリコン半導体基板裏面上の領域での熱処理の影響と、P⁺型微結晶シリコン層が裏面電極と接するP型シリコン半導体基板裏面上の領域での熱処理の影響とは異なっている。まず、前者の領域では、熱処理温度の上昇に伴いP⁺型微結晶シリコン層の比抵抗値が小さくなり、P型シリコン半導体基板裏面でのキャリア再結合損失を抑制する裏面電界効果が向上する。一方、後者の領域では、熱処理によってP⁺型微結晶シリコン層が裏面電極と反応して変質する。熱処理温度が高いほど変質の程度が大きくなり、変質したP⁺型微結晶シリコン層と接するP型シリコン半導体基板の裏面でのキャリアの再結合損失を増大する。300°C以上の熱処理では、前者の領域での裏面電界効果の向上を、後者の領域での再結合損失の増大が打ち消すことによって、裏面電界効果を低下させることになるものと思われる。

【0008】そこで、本発明の目的は、300°C以上の高温での熱処理によっても、裏面電界効果が向上して、高い光電変換効率が得られる太陽電池とその製造方法を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の太陽電池は、光入射側の第1導電型のシリコン半導体基板上に第2導電型のシリコン半導体層が設けられ、光入射側と反対側の上記シリコン半導体基板上に第1絶縁層が所定領域のみに設けられ、上記シリコン半導体基板より高濃度の第1導電型の微結晶シリコン半導体層が上記所定領域を覆うように設けられ、上記所定領域に対応する開口部を有する第2絶縁層が上記微結晶シリコン半導体層上に設けられ、裏面電極が上記開口部を覆うように設けられ上記微結晶シリコン半導体層と導通することを特徴とする。

【0010】つまり、裏面電極と接続される領域の微結晶シリコン半導体層は、第1絶縁層によってシリコン半導体基板と離れているため、熱処理により変質してもシリ

コン半導体基板の裏面には直接影響を与えない。すなわち、熱処理によって裏面電極と接する領域の微結晶シリコン半導体層がシリコン半導体基板の裏面にキャリアの再結合損失が大きい領域を形成しない。

【0011】また、第1導電型であって上記微結晶シリコン半導体層より低抵抗の層が、上記開口部に対応して上記微結晶シリコン半導体層に設けられると共に上記裏面電極に接続されていることを特徴とする。

【0012】つまり、上記微結晶シリコン半導体層を介して取り出す電流が開口部に集中しても、第1導電型の低抵抗の層を設けているため、太陽電池の曲線因子の低下が抑制され、さらに光電変換効率を高めることができる。

【0013】また、第1絶縁層が、酸化シリコン膜であることを特徴とする。

【0014】つまり、第1絶縁層はパッシベーション効果の高い酸化シリコン膜で形成されることにより、シリコン半導体基板の絶縁層との界面でのキャリアの再結合損失を抑える事ができ、製造工程での整合性もよい。なお、第1絶縁層に塗化シリコン膜を用いることもできる。

【0015】本発明の太陽電池の製造方法は、第1導電型のシリコン半導体基板の一方面上に第2導電型のシリコン半導体層を形成する工程と、上記シリコン半導体基板の他方面上の所定領域のみに第1絶縁層を形成する工程と、上記所定領域を覆うように上記シリコン半導体基板より高濃度の第1導電型微結晶シリコン半導体層を形成する工程と、上記微結晶シリコン半導体層上に第2絶縁層を形成する工程と、上記所定領域に対応して第2絶縁層に開口部を形成する工程と、上記開口部を覆うように裏面電極を形成して上記第1導電型微結晶シリコン半導体層と接続する工程と、裏面電極形成後に300~400°Cの熱処理を行う工程と、を含むことを特徴とする。

【0016】本発明の太陽電池の製造方法によれば、熱処理温度を上昇させることができ、第1絶縁層によって裏面電極と離された所定領域上の周辺の微結晶シリコン半導体層の品質向上によって、裏面電界効果を高める事ができる。

【0017】さらに、本発明の太陽電池の製造方法は、第1導電型のシリコン半導体基板の一方面上に第2導電型のシリコン半導体層を形成する工程と、上記シリコン半導体基板の他方面上の所定領域のみに第1絶縁層を形成する工程と、上記所定領域を覆うように上記シリコン半導体基板より高濃度の第1導電型微結晶シリコン半導体層を形成する工程と、上記微結晶シリコン半導体層上に第2絶縁層を形成する工程と、上記所定領域に対応して第2絶縁層に開口部を形成する工程と、第1導電型であって上記微結晶シリコン半導体層より低抵抗の層を上記微結晶シリコン半導体層に上記開口部に対応させて形

成する工程と、上記開口部を覆うように裏面電極を形成して上記低抵抗の層と接続する工程と、裏面電極形成後に300~400°Cの熱処理を行う工程と、を含むことを特徴とする。

【0018】本発明の太陽電池の製造方法によれば、熱処理温度を上昇させることができ、第1絶縁層によって裏面電極と離された所定領域上の周辺の微結晶シリコン半導体層の品質向上によって、裏面電界効果を高める事ができる上に、開口部の抵抗を低くできるので、太陽電池の曲線因子の低下を抑制できる。

【0019】

【発明の実施の形態】本発明に係る太陽電池とその製造方法を実施例に基づき以下に説明する。

【0020】図1に、本発明の実施例に係る太陽電池の断面構造を示す。ここでP型シリコン半導体基板11の光入射面側にN型シリコン半導体層12が形成されている。N型シリコン半導体層12の表面は、入射光の反射を低減するために凹凸にされている。N型シリコン半導体層12はシリコン酸化膜層13によって覆われており、シリコン酸化膜層13は反射防止膜層14によって覆われている。光照射により発生した表面からの電流は、シリコン酸化膜層13と反射防止膜層14を貫通してN型シリコン半導体層12に接続されたグリッド電極15を介して取り出される。P型シリコン半導体基板11の光入射面側と反対側の裏面上には、部分的にシリコン酸化膜16が形成されている。P型シリコン半導体基板11とシリコン酸化膜16を覆うように、基板と同じP型の不純物が高濃度に添加された裏面電界層を形成するP⁺型微結晶シリコン層17が形成されている。P⁺型微結晶シリコン層17は絶縁膜層18によって覆われており、絶縁膜層18は裏面電極19によって覆われている。裏面電極19は、シリコン酸化膜16が形成されている領域20の内部に設けられ絶縁膜層18の無い開口部21でP⁺型微結晶シリコン層17と接続されている。裏面からの電流はこの裏面電極19を介して取り出される。

【0021】次に、上記太陽電池の製造方法について、図2に基づき説明する。図2は、上記太陽電池の製造フローを示す図である。

【0022】まず、単結晶のP型シリコン半導体基板11(100mmφ, 300μm厚、比抵抗：数Ω-cm)を洗浄した後、表面が凹凸になるように異方性エッチングを行った(ステップS1)。ここで、単結晶のP型シリコン半導体基板の替わりに、多結晶のP型シリコン半導体基板を用いることもできる。この場合の表面凹凸形成は、レーザを用いて溝を掘ったり、機械的に溝を掘る方法により行う。

【0023】次に、オキシ塩化燐(POCl₃)を用いた気相拡散によって燐(P)をP型シリコン半導体基板11の表面に拡散してN型シリコン半導体層12を形成

しPN接合を形成した(ステップS2)。続いて、光入射面と反対側のP型シリコン半導体基板11の裏面側を硝酸とフッ酸の混合液を用いてエッチングして、裏面側に形成されているN型シリコン半導体層12を除去した(ステップS3)。続いて、熱酸化により入射面側のシリコン酸化膜層13と裏面側全面のシリコン酸化膜16とを同時に形成した(ステップS4)。さらに、光入射側に窒化シリコン膜からなる反射防止膜層14をプラズマCVD法により形成した。

【0024】次に、フォトエッチング法を用いて、裏面側のシリコン酸化膜16のパターニングを行い、後にP⁺型微結晶シリコン層17と裏面電極19とが接続される予定の開口部21を含む領域20にシリコン酸化膜16を形成した(ステップS5)。領域20に形成されたシリコン酸化膜16は、P型シリコン半導体基板11と後に形成されるP⁺型微結晶シリコン層17とを部分的に分離する絶縁層となり、領域20のP型シリコン半導体基板11の絶縁層の再結合損失を低減して、領域20以外のP⁺型微結晶シリコン層17とP型シリコン半導体基板11の界面での裏面電界効果を高める働きに優れています、最適である。

【0025】次に、プラズマCVD法により、P⁺型微結晶シリコン層17を膜厚200nmでP型シリコン半導体基板11の裏面とシリコン酸化膜層16とを覆って形成した(ステップS6)。上記プラズマCVD法によるP⁺型微結晶シリコン層17の形成条件として、例えば、ガス種はSiH₄(またはSi₂H₆)とB₂H₆の混合ガス、ガス流量比はH₂/SiH₄=150、B₂H₆/SiH₄=0.01、ガス圧力は20Pa、基板温度は150°C、RFパワーは100W(13.56MHz)である。

【0026】次に、プラズマCVD法により、窒化シリコン膜からなる絶縁膜層18を膜厚200nmでP⁺型微結晶シリコン層17上に形成する(ステップS7)。続いて、フォトエッチング法を用いて、絶縁膜層18のパターニングを行い(ステップS8)、微結晶シリコン層17と裏面電極19が接続される開口部21を開口してから、真空蒸着法でAlを裏面全面に蒸着し、裏面電極19を形成する(ステップS9)。

【0027】次に、フォトエッチング法を用いて光入射側のシリコン酸化膜層13及び反射防止膜層14を開口して、Ti, Pd, Agの順に金属を蒸着により堆積して、リフトオフ法により、グリッド電極15を形成する(ステップS10)。

【0028】最後に、水素(H₂)ガス雰囲気中で熱処理を行い(ステップS11)、太陽電池は完成する。本実施例においては熱処理による太陽電池の特性変化を調べるために、200°C, 300°C, 400°C, 500°Cの4通りの温度で、各々10分間の熱処理を行った。雰囲気は、窒素(N₂)ガス、水素(H₂)ガス、アルゴン

(Ar)ガスあるいはこれらの混合ガスが適当である。【0029】上記製造方法により作製した本発明の太陽電池と、図4に示した従来構造の太陽電池（構造上、裏面のシリコン酸化膜がない点と、熱処理温度を250°Cとした点が異なり、他の製造条件が本発明と同じ）とを、AM1.5のスペクトルで100mW/cm²の光のもとで電流一電圧特性を測定したところ、本発明の太陽電池は300°Cと400°Cで熱処理したものが、従来の太陽電池より高い光電変換効率が得られた。また、図3には、400°Cで熱処理した本発明の太陽電池の内部収集効率（実線）と、H₂ガス中で250°C、10分の熱処理をした図4に示した従来の太陽電池の内部収集効率（破線）とを比較して示す。本発明の太陽電池は、裏面電界効果の向上により波長1000nm以上の長波長の光が有効に光電変換されていることが判る。なお、内部収集効率は、短絡状態の太陽電池で光電変換されて出力される短絡電流について、照射光の波長毎に吸収したフォトン数に対して出力されるキャリア数（出力電流を単位電荷で割った値）の比率を示す。

【0030】図5に、本発明の他の実施例に係る太陽電池の断面構造を示す。図1と同一部材には同一符号を付し、説明は省略する。図1の太陽電池と異なる点は、P⁺型微結晶シリコン層17内で開口部21近傍に、P⁺型微結晶シリコン層17よりも低抵抗の層22が形成されており、低抵抗の層22は裏面金属19に電気的に接続されている。

【0031】次に、上記太陽電池の製造方法は、図2に示した製造フローにおいて、ステップS8とステップS9との間にさらに別の工程を導入したものである。つまり、開口部21を形成した後に、P⁺型微結晶シリコン層17の開口部21に、レーザ光を照射することにより、その部分をポリシリコン化することにより、P⁺型ポリシリコンの低抵抗の層22を得たものである。ここで、低抵抗の層22を形成するのにレーザ光を用いているので、フォトエッチ工程が不要で、工程が簡略化でき、コストを下げることできる。レーザ光としては、ArFエキシマレーザ（波長：195nm）、KrFエキシマレーザ（波長：248nm）、XeClエキシマレーザ（波長：308nm）等が使用できる。照射レーザ光量は、500mJ/cm²としたが、これに限られるものではない。なお、レーザ光を照射する際に、光量を少なくして、低抵抗の層22を、P⁺型微結晶シリコン層としてもよい。

【0032】また、レーザ光を照射する雰囲気に、3塩化ボロン（BCl₃）、トリメチルボロン（B(CH₃)₃

）、ジボラン等のP型のドーパントガスを加えておけば、より低抵抗の層22が得られ、正孔を効率よく導出することができる。

【0033】なお、レーザ光を絶縁膜層18上からP⁺型微結晶シリコン層17に照射して低抵抗の層22を形成した後で開口部21を開口することも可能である。

【0034】以上の実施例では、P型シリコン半導体基板を用いた場合について説明したが、N型シリコン基板を用いた場合にも適用できる。その場合、N型シリコン基板の光入射側に拡散される不純物はP型のボロン（B）などであり、裏面電界層である微結晶シリコン層はN型の不純物を高濃度に添加されたものが用いられる。

【0035】

【発明の効果】本発明によれば、太陽電池の裏面電界効果をより向上できるので、光電変換効率を高めることができる。

【0036】また、太陽電池の曲線因子を向上できるので、さらに光電変換効率を高めることができる。

【0037】また、製造工程の熱処理を高温にできるため、製造工程上の熱処理マージンを増加させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例の太陽電池の断面構造を示す図である。

【図2】本発明の実施例の太陽電池の製造フローを示す図である。

【図3】本発明の太陽電池の内部収集効率の波長依存性を示す図である。

【図4】従来の太陽電池の断面構造を示す図である。

【図5】本発明の他の実施例の太陽電池の断面構造を示す図である。

【符号の説明】

1 1 P型シリコン半導体基板

1 2 N型シリコン半導体層

1 3 シリコン酸化膜層

1 4 反射防止膜層

1 5 グリッド電極

1 6 シリコン酸化膜

1 7 P⁺型微結晶シリコン層

1 8 絶縁膜層

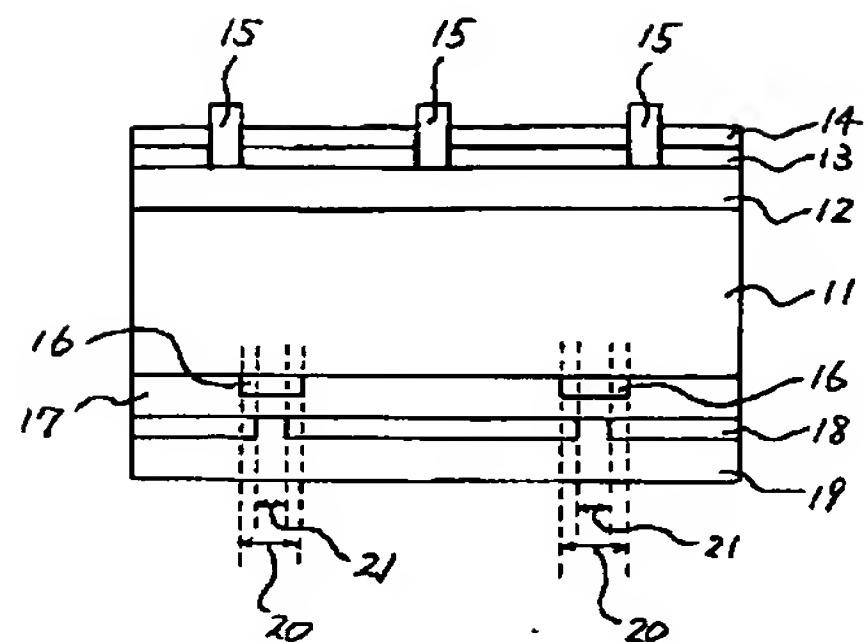
1 9 裏面電極

2 0 シリコン酸化膜16が形成された領域

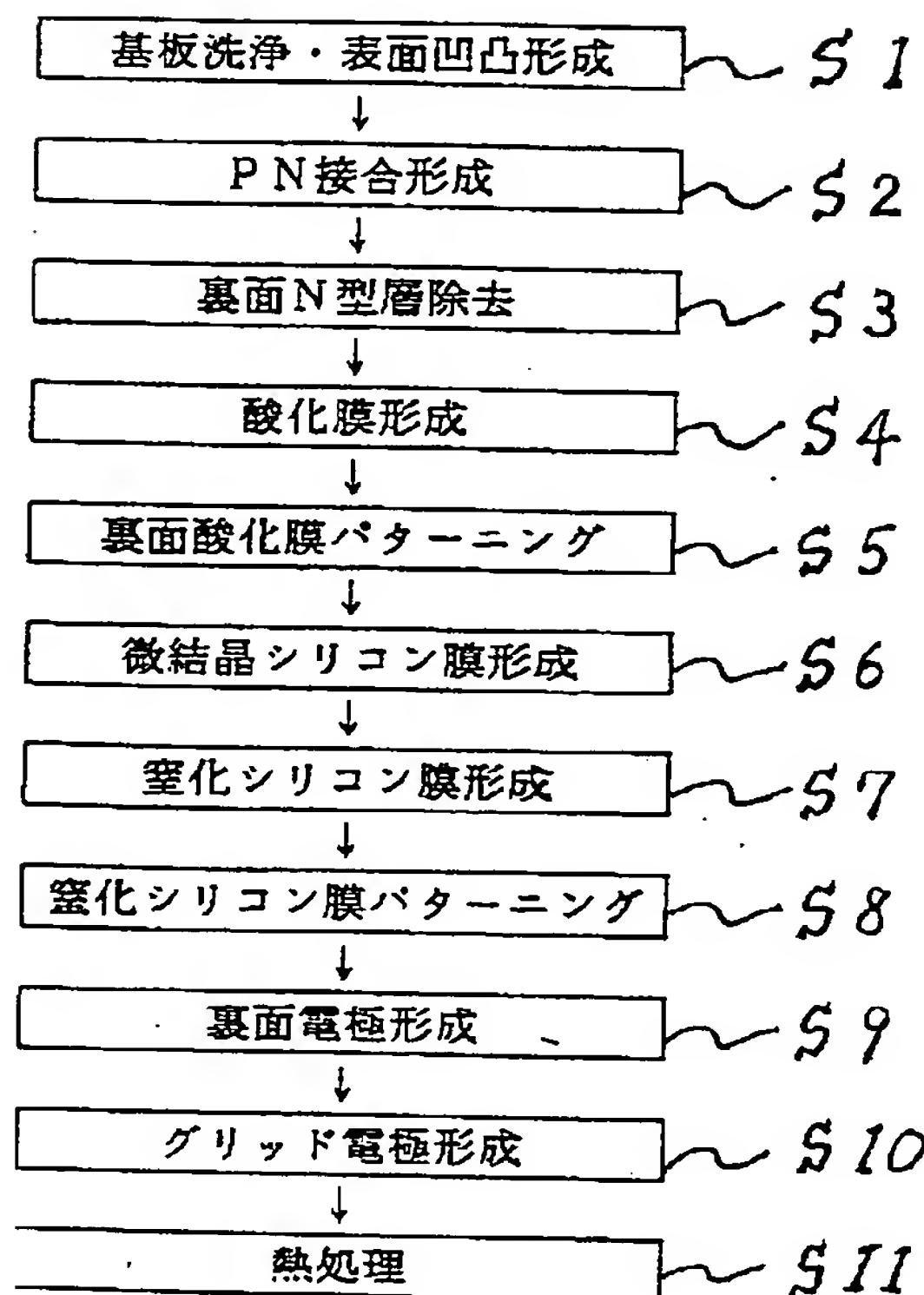
2 1 開口部

2 2 低抵抗の層

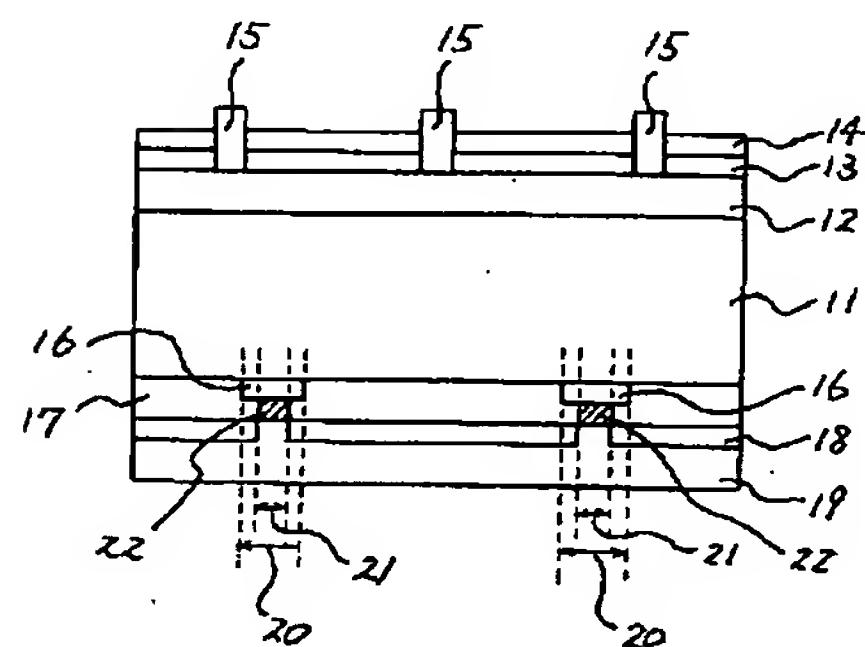
【図1】



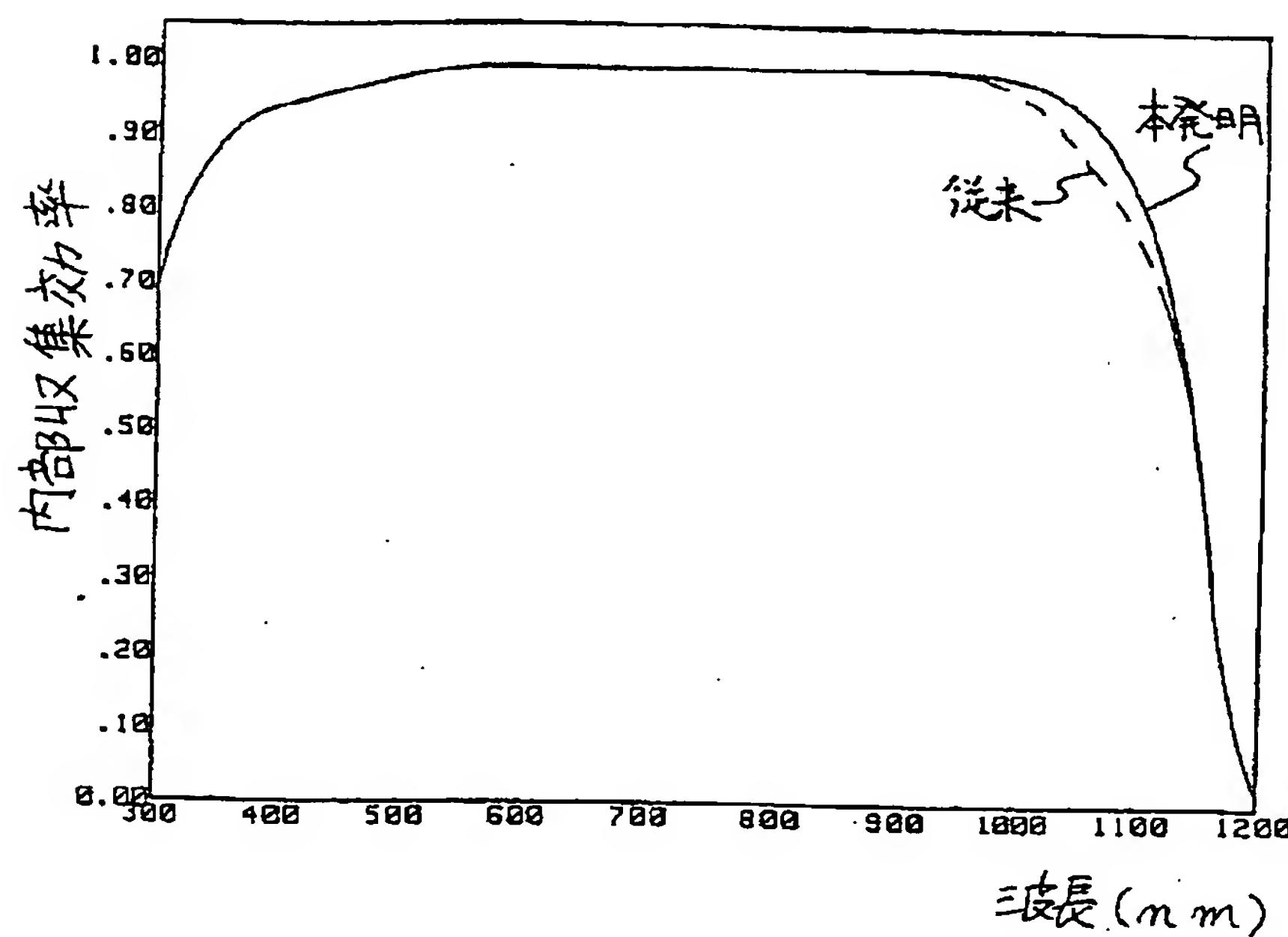
【図2】



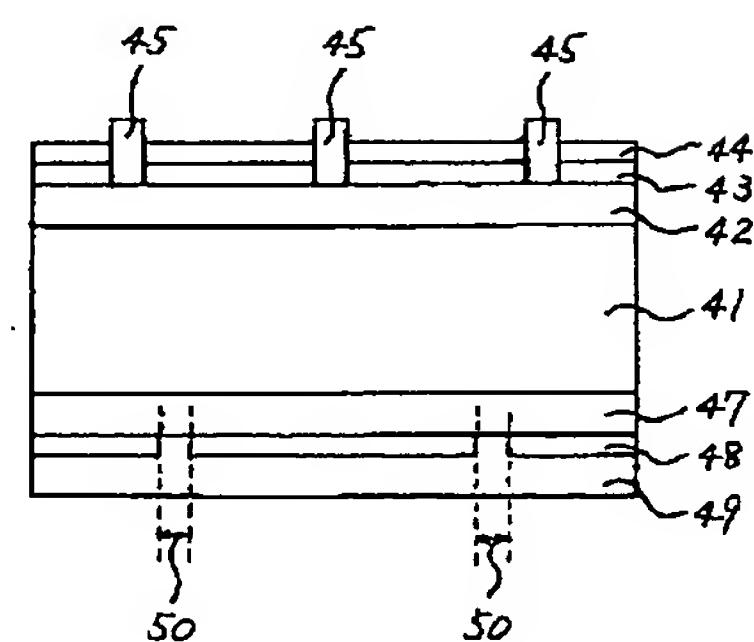
【図5】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 山㟢 一郎
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ヤーフ株式会社内

(72)発明者 小松 雄爾
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ヤーフ株式会社内

(72)発明者 南森 孝幸
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ヤーフ株式会社内